

## 音の定在波を用いた土壌空気量の測定

## Measurement of soil air content using acoustic standing waves

# 深田 耕太郎 [1]; 西津 貴久 [1]; 三野 徹 [2]; 川島 茂人 [1]; 中村 公人 [1]; 井上 光弘 [3]; 米村 正一郎 [4]

# Kotaro Fukada[1]; Takahisa Nishizu[1]; Toru Mitsuno[2]; Shigeto Kawashima[1]; Kimihito Nakamura[1]; Mitsuhiro Inoue[3]; Seiichiro Yonemura[4]

[1] 京大・農・地域環境; [2] 京大・名誉教授; [3] 鳥取大・乾燥地研; [4] 農環研

[1] Environmental Science and Technology, Kyoto Univ.; [2] Professor Emeritus, Kyoto Univ.; [3] Arid, Tottori Univ.; [4] NI-AES

1. 研究の目的 大気と土壌のガス交換は、土壌中の生物への酸素の供給や土壌からの温室効果ガスの放出などの点で重要なプロセスである。ガス交換は大気と連続した土壌空気を通して行われる。したがってガス交換に寄与する土壌の物理性は、連続空気量とその平均径、そして屈曲度などの構造である。しかし、土壌空気のうち大気と連続し、ガス交換に大きく寄与する空気量を測定する手法はない。そこで著者は音波に注目した。音波はインピーダンスの異なる媒質に入射したとき反射し、入射波と反射波の重ね合わせの結果定在波が生じる。そのため、音の定在波は媒質表面の音響インピーダンスの計測に利用されている。インピーダンスとは振動に対する抵抗である。土壌表面の空気の振動のしやすさは当然通気のしやすさに関わる。したがって土壌のインピーダンスは連続空気量に関わる。本研究では、土壌を極端に小さい乾燥密度で充填したときと大きい乾燥密度で充填したときの音の定在波の周波数の違いについて調べた。

2. 実験方法 実験装置を Fig.1 に示す。内径 5cm のステンレス製円筒形サンプラーに内径 2.5cm、長さ 25、50、100cm の塩化ビニル製パイプを接続し、スピーカーから音を挿入してマイクでその応答を検出した。周波数を 0 から徐々に上げてゆき、最初に音圧が極大となったときの周波数を共鳴周波数として求めた。このとき、パイプの中にはパイプの長さの 4 倍の波長を持つ定在波が生じている。試料は、京都府南丹市の水田から採取した土壌を 4.5mm ふるいに通したものをを用いた。この土壌を容積 50 および 100cm<sup>3</sup> の円筒形サンプラーに充填した。各容積のサンプラーに対し乾燥密度 0.88 および 1.17 Mg m<sup>-3</sup> の 2 種類を用意した。したがって試料は 4 種類である。試料の空気量は 14、23、29、45cm<sup>3</sup> となった。

3. 結果 空気量と共鳴周波数の関係を Fig.2 に示す。横軸は空気量に共鳴周波数をかけてパイプの断面積と音速で除した量（無次元）、縦軸は共鳴周波数にパイプの長さをかけて音速で除した量（無次元）である。乾燥密度の小さい試料 2 つと乾燥密度が大きい容積 50cm<sup>3</sup> の試料の共鳴周波数は空気量の増加に対して直線的に減少した。この減少傾向は長さの異なるパイプ全てにおいて同じであった。ただし、25cm のパイプを用いたほうが 100cm のパイプを用いるより共鳴周波数の変化は大きくなった。一方、大きな乾燥密度で 100cm<sup>3</sup> サンプラーに充填した試料の場合、矢印で示したように、共鳴周波数の減少傾向が他の 3 つの試料の結果よりも緩やかであった。

4. 考察 実験結果は空気量と共鳴周波数に対して二種類の傾向を示した。このうち、大きな傾きを示した 3 つの試料の結果については、試料内の空気すべてが容易に振動できたため、空気量の増加にともなって試料表面で空気が振動しやすくなり、共鳴周波数が減少したと考えられる。このような状態は、サンプラーによって閉じ込められた空気全体が、音波がサンプラー内に入射したとき、ばねのように反発したとみなすことで物理的な解釈が可能である。土壌空気全体が土壌表面における空気の振動のしやすさを決めていと考え、定在波の周波数と空気量の関係を得る。これを Figure 2 の中に曲線で示す。次に、Figure 2 の中で上記の傾向を示さなかった 3 点（矢印で示す）は、土壌を密に充填することで空気量の増加に関わらず、土壌表面で空気が振動しにくくなったことを示唆している。密に充填した試料において 50cm<sup>3</sup> サンプラー試料と 100cm<sup>3</sup> サンプラー試料で共鳴周波数の値が異なっていることの原因は、試料表面のわずかな違いのためか、あるいは、サンプラー容積が異なるための 2 つの可能性が考えられる。どの程度の土壌空気量が土壌の表面における空気の振動のしやすさに影響を及ぼしているのかを今後特定しなければならない。

5. まとめ 大気とつながった土壌表層の空気量を測定することを目的とし、土壌試料とパイプを接続した実験装置を用いてパイプ中の定在波の周波数を求め、試料の空気量との関係について調べた。その結果、ゆるく充填した試料は密に充填した試料に比べて低い共鳴周波数の値を示した。例外は密に充填した 100cm<sup>3</sup> サンプラー試料であった。無次元化した周波数と空気量の関係はパイプの長さによらない一般的な関係を示した。土壌表面の空気の振動のしやすさを決めている土壌の厚さを特定する必要がある。

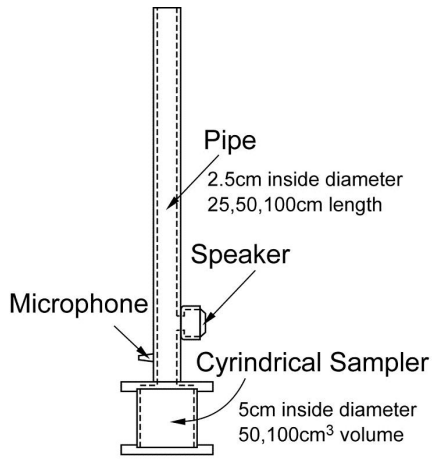


Figure 1 Experimental apparatus

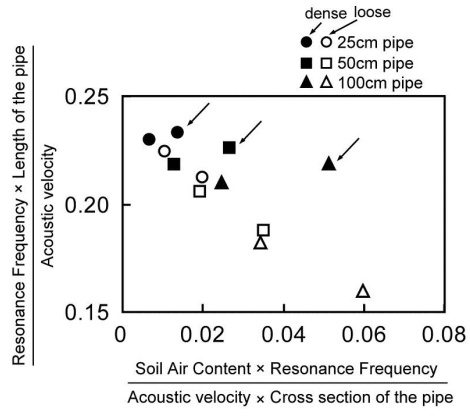


Figure 2 Relationship between resonance frequency and soil air content